МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093

С.П. Исаев

Исаев Сергей Петрович родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Хабаровский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки Хабаровского государственного технического университета. Имеет около 50 печатных работ в области рационального и комплексного использования древесины на основе оптимального раскроя и процессов склеивания.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ БАЗИРОВАНИЯ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПЕРЕД ОБРАБОТКОЙ*

Приведено аналитическое решение задачи об определении центров базирования круглых лесоматериалов перед обработкой; доказана возможность автоматизированной оценки применения единичного круглого лесоматериала, предназначенного для обработки и получения конкретного вида продукции с максимальным объемным выходом на этапе, предшествующем раскрою хлыста.

Ключевые слова*: круглый лесоматериал, кривизна сортимента, базирование, объем продукции.*

Геометрические характеристики (длина, диаметр) древесного сырья во многом определяют геометрические параметры производимой продукции (длина, ширина, толщина), которые установлены в строго определенных пределах. Наибольший количественный выход продукции, к которому необходимо стремиться в процессе производства, возможно обеспечить только в том случае, когда способ базирования круглого лесоматериала и закон его перемещения (надвигание на режущий инструмент в процессе обработки) будут строго соответствовать характеру раскроя, обусловленному теоретическими расчетами. Таким образом, решение задачи базирования бревен, чураков и других сортиментов в первую очередь связано с повышением точности процесса обработки.

Вопрос решения задачи базирования круглых лесоматериалов с использованием процесса оцилиндровки перед их раскроем на продукцию

---

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования РФ в форме гранта (шифр Т02 – 11.4 – 2151).

рассматривался многими исследователями [1, 2, 6]. Решение задачи определения центров базирования круглых лесоматериалов, позволяющих повысить выход пиломатериалов и шпона, остается актуальным и отражено в ряде работ [3–5].

Сложность задачи состоит в том, что из-за неправильной формы, вызываемой кривизной, сбегом, элиптичностью сечений и другими дефектами, боковая поверхность круглого древесного сортимента не может быть использована как базовая.

В работе [4] в целях упрощения были сделаны следующие допущения: влияние сбега не учитывалось; кривизна на всем участке поверхности бревна постоянна, т.е. представляет собой часть окружности определенного радиуса; наибольшая величина стрелы прогиба приходится на середину бревна.

В работе [3] решали следующую задачу: в поверхность, описывающую криволинейное бревно (чурак) требуется вписать цилиндр максимального объема. Решение ее в ряде случаев обеспечивало максимизацию объема вписанного цилиндра, но при этом его длина оказывается меньше длины сортимента. Это не обеспечивало получение пиломатериалов полной длины, а в случае производства лущеного шпона укорочение чурака вообще неприемлемо, так как расстояние между шпинделями строго ограничено.

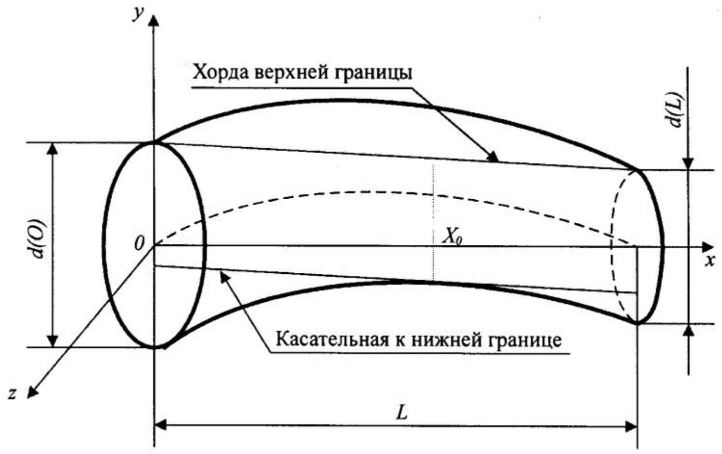
По материалам ранее проведенных исследований [3] сформулируем задачу следующим образом: в поверхность криволинейного сортимента требуется вписать цилиндр максимального объема при условии, что его длина равна длине сортимента; определить смещение центров оснований цилиндра (центры базирования) относительно геометрических центров торцов сортимента.

Примем следующие допущения: торцы сортимента параллельны друг другу; сечения, параллельные торцам, имеют форму круга; сортимент имеет простую кривизну; сортимент имеет сбег (уменьшение диаметра) в одном направлении.

Выбираем координатную систему (см. рисунок), ось Ox которой проведена через геометрические центры торцов сортимента, ось Oy – в направлении искривления сортимента, ось Oz – перпендикулярно осям Ox и Oy.

Если решение задачи о центрах базирования существует и единственное, то в силу симметрии выбранной модели сортимента в направлении оси Oz можно считать, что центры базирования лежат в плоскости $z = 0$. Пусть L – длина сортимента, $d(x)$ – диаметры сечений при $x = \text{const}$ и $y = \bar{y}(x)$ при $0 \le x \le L$ (уравнение центров сечений).

Сформулируем предположения о форме сортимента и выборе координатной системы в виде уравнений и неравенств относительно функций $d(x)$, $\bar{y}(x)$.



Координатная схема определения центров базирования

Условие прохождения оси Ox через геометрические центры торцов имеет вид

$$\bar{y}(0) = \bar{y}(L) = 0\,; \tag{1}$$

условие уменьшения диаметра сортимента в направлении от комля к вершине

$$d'(x) < 0\,; \tag{2}$$

условие искривления сортимента только в одну сторону в положительном направлении оси Oy

$$\begin{cases} \bar{y}''(x) + \dfrac{d''(x)}{2} < 0 \\ \bar{y}''(x) - \dfrac{d''(x)}{2} < 0 \end{cases}. \tag{3}$$

Уравнения границы сечения сортимента плоскостью $z = 0$:
верхней

$$y = \bar{y}(x) + \frac{d(x)}{2}\,; \tag{4}$$

нижней

$$y = \bar{y}(x) - \frac{d(x)}{2}\,. \tag{5}$$

Покажем, что из условий (1) – (3) следует, что

$$-\frac{d(0) - d(L)}{2L} < \bar{y}'(0) - \frac{d'(x)}{2}\,. \tag{6}$$

Действительно, с учетом условия (1) имеем

$$-\frac{d(0) - d(L)}{2L} = \frac{\dfrac{d(L)}{2} - \dfrac{d(0)}{2}}{L} = \frac{\left(y(L) + \dfrac{d(L)}{2}\right) - \left(\bar{y}(0) + \dfrac{d(0)}{2}\right)}{L}\,. \tag{7}$$

По формуле Лагранжа найдется такое ξ, при котором $0 < \xi < L$, т.е.

$$\frac{\left(y(L)+\frac{d(L)}{2}\right)-\left(\bar{y}(0)+\frac{d(0)}{2}\right)}{L}=\bar{y}'(\xi)+\frac{d'(\xi)}{2}. \qquad (8)$$

Далее из условия (2) следует, что $\bar{y}'(\xi)+\frac{d'(\xi)}{2}<y'(\xi)<\bar{y}'(\xi)-\frac{d'(\xi)}{2}$.

Так как второе из условий (3) означает, что функция $\bar{y}'(\xi)-\frac{d'(\xi)}{2}$ убывает, то можно записать следующее выражение: $\bar{y}'(\xi)-\frac{d'(\xi)}{2}<\bar{y}'(0)-\frac{d'(0)}{2}$. Таким образом, из условий (1) – (3) действительно следует неравенство (6).

Так как функция $\bar{y}'(x)-\frac{d'(x)}{2}$ убывает, следовательно она достигает своего наибольшего значения при x = 0, наименьшего – при $x = L$. Тогда имеет место неравенство

$$\bar{y}'(L)-\frac{d'(L)}{2}\le-\frac{d(0)-d(L)}{2L} \qquad (9)$$

или

$$\bar{y}'(L)-\frac{d'(L)}{2}>-\frac{d(0)-d(L)}{2L}. \qquad (10)$$

Если имеет место неравенство (9), то из неравенства (6) и монотонного убывания функции $\bar{y}'\left(x_0-\frac{d'(x)}{2}\right)$ следует, что найдется такое x_0 из области $0 < x_0 \le L$, при котором

$$-\frac{d(0)-d(L)}{2L}<\bar{y}'(x_0)-\frac{d'(x_0)}{2}. \qquad (11)$$

Знак равенства в (9) означает, что $x_0 = L$.

Неравенство (9) является условием единственности решения задачи о центрах базирования. Условие существования решения:

$$\bar{y}(x_0)-\frac{d(x_0)}{2}<\frac{d(0)}{2}+\frac{d(L)-d(0)}{2}x_0. \qquad (12)$$

Геометрический смысл условия (12) заключается в том, что хорда верхней границы находится выше касательной к нижней границе в точке x_0.

Если решение задачи существует и единственно, т.е. выполнены условия (9) и (12), то диаметр наибольшего вписанного цилиндра равен расстоянию от касательной к нижней границе в точке x_0 до хорды верхней границы:

$$d_{\text{ц.к}}=\left(\frac{d(0)}{2}+\frac{d(L)-d(0)}{2L}x_0\right)-\left(\bar{y}(x_0)-\frac{d(x_0)}{2}\right)$$

или

$$d_{\text{ц.к}} = \frac{d(0)}{2}\left(1 - \frac{x_0}{L}\right) + \frac{d(L)}{2} \cdot \frac{x_0}{L} - \left(\bar{y}(x_0) - \frac{d(x_0)}{2}\right). \quad (13)$$

Смещение центра базирования относительно его геометрического центра:
в комлевом торце сортимента

$$\Delta = \frac{d(0)}{2} - \frac{d_{\text{ц.к}}}{2}. \quad (14)$$

в вершинном торце сортимента

$$\sigma = \frac{d(L)}{2} - \frac{d_{\text{ц.к}}}{2}. \quad (15)$$

Если выполняется неравенство (10), то наклон касательной к нижней границе в любой точке больше наклона хорды к верхней границе и решение неединственно. В этом случае

$d_{\text{ц.к}} = a(L)$;

$\sigma = 0$;

Δ – любое из промежутка $-\left(\bar{y}'(L) - \frac{a'(L)}{2}\right)L \le \Delta \le \frac{a(0)}{2} - \frac{a(L)}{2}$.

Полученное аналитическое решение задачи о нахождении центров базирования указывает на многовариантность их расположения на торцах сортимента, которое зависит от $d(0)$, $d(L)$, L, а также от кривизны сортимента, характеризующейся величиной прогиба, и расстояния между комлевым торцом сортимента и точкой максимального прогиба.

Аналитическое решение позволяет создать математический аппарат, на основе которого появляется возможность автоматизированной оценки применения каждого конкретного бревна для производства пиломатериалов полной длины и каждого конкретного чурака для производства шпона с максимальным объемным выходом, причем эта оценка может быть осуществлена на этапе раскроя хлыста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Копейкин А.М.* Перспективы развития технологии лесопиления / А.М. Копейкин. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 104 с.

2. *Пигильдин Н.Ф.* Оцилиндровка круглых лесоматериалов: обзор. информ. / Н.Ф. Пигильдин. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. – 44 с.

3. *Розенблит М.С.* Оптимизация раскроя пиловочного сырья: дисс. … д-ра техн. наук / М.С. Розенблит. – М.: МЛТИ, 1990. – 338 с.

4. *Ступнев Г.К.* Новые принципы базирования круглых лесоматериалов при механической обработке: обзор. информ. / Г.К. Ступнев. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1978. – 58 с.

5. *Шулепов И.А.* Центровка чураков в производстве фанеры: обзор. информ. / И.А. Шулепов, В.Н. Романов. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1979. – 36 с.

6. *Springate N.* Shaping-lathe roundup machine is key to profitable manufacture of composite sheathing panels in massachusetts or main / N. Springate, I. Plough, P. Koch // Forest Products Journal/ – 1978. – Vol. 28, N. 10. – P. 42 – 47.

Хабаровский государственный
технический университет

Поступила 12.11.03

S.P. Isaev

Analytical Solution of Task on Roundwood Stationing before Processing

The analytical solution of the task on determination of stationing centers of roundwood before processing is provided. The possibility of automated assessment of single roundwood use designed for processing and producing a specific product type with maximum yield volume is proved at the stage prior to the tree-length cutting.